

EP00106433



REC'D 11 SEP 2000	
WIPO	PCT

4  
#2

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

10/089774

**PRIORITY DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Aktenzeichen:**

199 48 194.6

**Anmeldetag:**

06. Oktober 1999

**Anmelder/Inhaber:**

Aloys W o b b e n, Aurich/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren zur Überwachung von Wind-  
energieanlagen

**IPC:**

F 03 D 7/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Juli 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hiebinger

**Bremen, den** 6. Oktober 1999  
**Unser Zeichen:** W 1937 KGG/mag/cmu/sb  
**Anmelder/Inhaber:** WOB BEN, Aloys  
**Amtsaktenzeichen:** Neuanmeldung

**Bremen**  
Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Dipl.-Ing. Günther Eisenführ  
Dipl.-Ing. Dieter K. Speiser  
Dr.-Ing. Werner W. Rabus  
Dipl.-Ing. Jürgen Brügge  
Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt  
Dipl.-Ing. Klaus G. Göken  
Jochen Ehlers  
Patentanwalt  
Dipl.-Ing. Mark Andres

Rechtsanwälte  
Ulrich H. Sander  
Sabine Richter

Martinistrasse 24  
D-28195 Bremen  
Tel. +49-(0)421-36 35 0  
Fax +49-(0)421-337 8788 (G3)  
Fax +49-(0)421-328 8631 (G4)  
mail@eisenfuhr.com

**Hamburg**  
Patentanwalt  
Dipl.-Phys. Frank Meier

Rechtsanwälte  
Christian Spintig  
Rainer Böhm

**München**  
Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Rainer Fritsch  
Lbm.-Chem. Gabriele Leißler-Ge  
Patentanwalt  
Dipl.-Chem. Dr. Peter Schuler

**Berlin**  
Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Dipl.-Ing. Henning Christiansen  
Dipl.-Ing. Jutta Kaden  
Patentanwalt  
Dipl.-Ing. Joachim von Oppen

**Alicante**  
European Trademark Attorney  
Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt

Aloys Wobben , Argestraße 19, 26607 Aurich

---

## Verfahren zur Überwachung von Windenergieanlagen

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung von Windenergieanlagen, wobei insbesondere eine akustische Überwachung durchgeführt wird.

Für eine effektive Nutzung von Windenergieanlagen ist es vorteilhaft, die Regelung und die Betriebsführung einer Windenergieanlage derart auszuführen, daß ein vollautomatischer Betrieb der Anlage sichergestellt ist. Jede andere Verfahrensweise, die ein manuelles Eingreifen im normalen Betriebsverlauf erfordert, ist aus wirtschaftlichen Überlegungen unakzeptabel. Zur weiteren Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Anlage sollte die Regelung derart erfolgen, daß in jedem Betriebszustand ein möglichst hoher Energiewandlungsgrad erzielt wird. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Regelung und bei der Betriebsführung einer Windenergieanlage ist die Betriebssicherheit. Technische Störungen und umweltbedingte Gefahrenzustände müssen erkannt und die vorhandenen Sicherheitsschaltungen ausgelöst werden. Ferner kann ein Regelungssystem zur Verminderung der mechanischen Belastung der Windenergieanlage beitragen.

Bei der Überwachung von Windenergieanlagen ist es ebenfalls wünschenswert, daß eine Fernanalyse durchgeführt werden kann. Dies hat den Vorteil, daß die Erfassung der jeweiligen Betriebsdaten zentral erfolgen kann. Eine derartige Fernüberwachung kann zu einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Anlage sowie zu einer Erhöhung der durchschnittlichen Verfügbarkeit der Anlage führen. Dabei werden beispielsweise die Betriebsdaten von einer Service-Zentrale bzw. einer Fernüberwachungszentrale abgefragt und analysiert. Durch eine Analyse der eingegangenen Parameter können zum einen auftretende Probleme frühzeitig erkannt werden und zum anderen können die Betriebsdaten wichtige Hinweise auf die Ertrags- und Winddaten für die Entwicklungsabteilung liefern. Eine Analyse dieser Daten durch die Entwicklungsabteilung kann zu Verbesserungen an der Windenergieanlage führen.

Bei einer bekannten Windenergieanlage werden beispielsweise regelmäßig folgende Parameter sensorisch überwacht: Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftdichte, Drehzahl pro Minute (Mittel- und Extremwerte), Temperaturen, Ströme, Spannungen, Schaltpuls, Blitzeinschläge (Ereigniszähler), etc.

Eine Analyse der eingegangenen Parameter durch die Fernüberwachungszentrale kann zu einer Verbesserung des Vorort-Services führen, da die Fernüberwachungszentrale dem Vorort-Service genaue Hinweise bezüglich der Fehlerquellen geben kann.

Zur weiteren Verbesserung der Wartung, der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit einer Windenergieanlage ist es wünschenswert, weitere Parameter der Windenergieanlage zu überwachen. Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, eine Überwachung von Windenergieanlagen zu verbessern.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch eine akustische Überwachung zusätzlich zu der vorstehend angeführten Überwachung einer Windenergieanlage gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß eine verbesserte Fehlerfrüherkennung zur Vermeidung von Folgeschäden durchgeführt werden kann. Dies kann beispielsweise zur Erkennung von losen Schraubenverbindungen, von elektrischen Fehlern im Generatorbereich, beim Wechselrichter oder beim Transformator und von Verschleiß oder Eisansatz an den Rotorblättern im Frühstadium führen.

Zur akustischen Überwachung von Windenergieanlagen wird erfindungsgemäß zunächst ein Referenz-Geräuschspektrum einer Anlage oder Teile davon aufgenom-

men und gespeichert. Das Betriebs-Geräuschspektrum kann während des Betriebes kontinuierlich oder wiederkehrend aufgenommen und mit dem gespeicherten Referenzspektrum verglichen und Abweichungen zwischen diesen beiden Spektren können erfaßt werden. Anstatt ein Referenz-Geräuschspektrum einer Windenergieanlage aufzunehmen, kann auch auf ein bereits gespeichertes Referenzgeräuschspektrum einer Windkraftanlage zurückgegriffen werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die erfaßten Abweichungen zwischen dem Betriebs- und Referenz-Geräuschspektrum an eine Fernüberwachungszentrale übermittelt, um zentral analysiert zu werden.

Vorteilhafterweise können ebenso die ursprünglichen, von einem Schallaufnehmer aufgenommenen Geräusche, die die Abweichung zwischen dem Betriebs- und dem Referenzspektrum hervorgerufen haben, an die Fernüberwachungszentrale übermittelt, damit das Bedienpersonal der Zentrale die Geräusche durch Hören selbst überprüfen kann.

Hierbei ist es besonders vorteilhaft, aus den ursprünglichen Geräuschen ein Geräuschmuster zu bilden und wiederum aus diesen Geräuschmustern eine akustische Datenbank aufzubauen.

Sind die Abweichungen zwischen dem Betriebs- und dem Referenzspektrum größer als ein vorgegebener Schwellwert, so wird die Windenergieanlage gegebenenfalls abgeschaltet.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Erfindungsgemäß wird bei einem Probetrieb einer Windenergieanlage jeweils ein typisches Referenz-Geräuschspektrum bzw. Referenz-Geräuschprofil der Windenergieanlage für bestimmte Betriebsbereiche wie beispielsweise Teillast oder Nennlast aufgezeichnet und in einem Datenspeicher gespeichert. Bei baugleichen Windenergieanlagen ist es ebenfalls möglich, ein bereits gespeichertes Referenz-Geräuschspektrum zu verwenden, anstatt ein spezielles Referenz-Geräuschspektrum der Anlage aufzunehmen. Zur Aufnahme des Geräuschspektrums sind mehrere Aufstellorte von Schallaufnehmern in der Windenergieanlage möglich. Beispielsweise können die Rotorblätter, der Generator bzw. der Antriebsstrang und die Elektronik überwacht werden. Zur Überwachung der Rotorblätter wird ein Schallaufnehmer beispielsweise außen am Turm, zur Überwachung des Generators und

des Antriebsstranges wird ein Schallaufnehmer in der Gondel und zur Überwachung der Elektronik wird ein Schallaufnehmer im Turmfuß bzw. in der Trafostation angebracht. Die Aufstellpositionen der Schallaufnehmer sollten zwischen der Aufnahme des Referenz-Geräuschspektrums und des Betriebs-Geräuschspektrums nicht verändert werden.

Beim Betrieb der Windenergieanlage wird der jeweilige Schall (beispielsweise als Frequenzspektrum von 0,1 Hz bis 30 KHz) in Abhängigkeit von dem Betriebspunkt bzw. Arbeitsbereich wie beispielsweise von 0 KW bis zur Nennleistung aufgenommen. Dieser Betriebsschall wird mit dem Referenz-Geräuschspektrum verglichen und ausgewertet.

Bei der Erfassung des Betriebs-Geräuschspektrums wird zuerst der Arbeitsbereich bzw. der Betriebsbereich der Windenergieanlage bestimmt, um das Betriebs-Geräuschspektrum des jeweiligen Bereiches mit dem entsprechenden Referenz-Geräuschspektrum zu vergleichen. Treten dabei Abweichungen auf, die einen vorbestimmten Schwellwert überschreiten, erfolgt eine Fehlermeldung, die zur Fernüberwachungszentrale gemeldet wird, und gegebenenfalls ein manuelles (durch die Zentrale) oder automatisches Abschalten der Windenergieanlage.

Bei der Erfassung einer den Schwellwert überschreitenden Abweichung zwischen dem Betriebs- und dem Referenz-Geräuschspektrum wird, wie vorstehend beschrieben, eine Fehlermeldung an eine Fernüberwachungszentrale übermittelt. In der Fernüberwachungszentrale kann eine genaue Analyse der Fehlermeldung bzw. der Abweichungen erfolgen. Das Bedienpersonal der Fernüberwachungszentrale kann gegebenenfalls schnell auf eine Fehlermeldung reagieren und diese Fehlermeldung an das Wartungspersonal vor Ort übermitteln. So kann eine Fehlerfrüherkennung rechtzeitig erfolgen und derartige Fehler können durch das Wartungspersonal schnell behoben werden. Desweiteren können dadurch Folgeschäden vermieden werden. Durch eine derartige Verbesserung der Wartung und Instandhaltung der Windenergieanlage kann die durchschnittliche Verfügbarkeit der Anlage und somit die Wirtschaftlichkeit der Anlage erhöht werden.

Zur Verbesserung der Fehlerdiagnose kann das durch einen Schallaufnehmer aufgenommene ursprüngliche Geräusch, das die Abweichung zwischen dem Betriebs- und dem Referenzspektrum verursacht hat, an die Fernüberwachungszentrale übermittelt werden. Dort kann sich das Bedienpersonal die in Frage kommenden Geräusche differenzierter anhören und gegebenenfalls Maßnahmen er-

greifen. Eine derartige Vorgehensweise ist wünschenswert, da das menschliche Ohr empfindlicher und selektiver auf bestimmte Geräusche reagiert als eine Signalverarbeitungseinrichtung.

Zur Entlastung des Bedienpersonals der Fernüberwachungszentrale können aus den ursprünglichen Geräuschen (Audiosignalen) Geräuschmuster gebildet sowie aus diesen Mustern eine akustische Datenbank aufgebaut werden. Eine Signalverarbeitungseinrichtung vergleicht die aufgenommenen Geräusche einer Windenergieanlage mit den gespeicherten Geräuschmustern und trifft bereits eine Vorauswahl der möglichen Fehlerursachen. Beispielsweise können die aufgenommenen Audiosignale digitalisiert und in Geräuschmuster umgewandelt und dann digital weiterverarbeitet werden. Das Bedienpersonal der Fernüberwachungszentrale kann sich somit das Geräusch anhören und hat dabei bereits mögliche, von der Signalverarbeitungseinrichtung vorgeschlagene Fehlerursachen zur Hand. Diese Vorgehensweise kann zu einer Verbesserung und Entlastung des Arbeitsplatzes für das Bedienpersonal der Fernüberwachungszentrale führen und die Überwachung effizienter gestalten.

Außerdem ist es möglich, durch Aufbau einer Datenbank, in der alle Abweichungen zwischen dem Betriebs- und dem Referenz-Geräuschspektrum zeitlich gespeichert sind, Erkenntnisse über die Ursache und den zeitlichen Verlauf eines Fehlers zu gewinnen. Außerdem können die Daten dieser Datenbank mit Daten der anderen Betriebsparameter wie beispielsweise Windgeschwindigkeit, Temperatur, Strom, Spannung, etc. verglichen werden. Aus dem Vergleich dieser Daten kann möglicherweise eine Korrelation bei der Fehlerentwicklung gefunden werden. Derartige Hinweise wären für die Entwicklungsabteilung sehr wertvoll, da diese Erkenntnisse bei der Entwicklung neuer Anlagen und bei der Weiterentwicklung bestehender Anlagen eingebracht werden können.

---

### Ansprüche

1. Verfahren zur akustischen Überwachung von Windenergieanlagen, mit den Schritten:

Aufnehmen eines Referenz-Geräuschspektrums einer Windenergieanlage und/oder Teile davon an zumindest einer bestimmten Stelle der Anlage,

Speichern dieses Referenzspektrums in einer Speichereinrichtung,

Aufnehmen des Betriebs-Geräuschspektrums während des Betriebs an der/den bestimmten Stelle/n der Anlage,

Vergleichen des aufgenommenen Betriebs-Geräuschspektrums mit dem gespeicherten Referenzspektrum, und

Erfassen von Abweichungen zwischen dem Betriebs-Geräuschspektrum und dem Referenzspektrum.

2. Verfahren zur akustischen Überwachung von Windenergieanlagen, mit den Schritten:

Speichern eines Referenz-Geräuschspektrums einer Windkraftanlage und/oder Teile davon in einer Speichereinrichtung,

Aufnehmen des Betriebs-Geräuschspektrums während des Betriebs an der/den bestimmten Stelle/n der Anlage,

Vergleichen des aufgenommenen Betriebs-Geräuschspektrums mit dem gespeicherten Referenzspektrum, und

Erfassen von Abweichungen zwischen dem Betriebs-Geräuschspektrum und dem Referenzspektrum.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei  
das Betriebs-Geräuschspektrum kontinuierlich oder wiederkehrend während des Betriebs an der/den bestimmten Stelle/n der Anlage aufgenommen wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei  
die erfaßten Abweichungen zwischen dem Betriebs-Geräuschspektrum und dem Referenzspektrum an eine Fernüberwachungszentrale übermittelt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei  
die ursprünglichen Geräusche, die die Abweichungen zwischen dem Betriebs- und dem Referenzspektrum verursacht haben, an die Fernüberwachungszentrale übermittelt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei  
aus den ursprünglichen Geräuschen Geräuschmuster gebildet und daraus  
eine akustische Datenbank aufgebaut werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei  
die Windenergieanlage abgeschaltet wird, wenn die Abweichungen zwischen  
Betriebsspektrum und Referenzspektrum einen vorgegebenen Schwellwert  
überschreiten.
8. Windkraftanlage, in dem das in den Ansprüchen 1-5 dargelegte Verfahren  
zur akustischen Überwachung angewandt wird, mit  
zumindest einem Schallaufnehmer an zumindest einer bestimmten Stelle der  
Anlage zum einmaligen Aufnehmen des Referenz-Geräuschspektrums und zum  
kontinuierlichen Aufnehmen des Betriebs-Geräuschspektrums der Windenergie-  
anlage und/oder Teile davon,  
einer Speichereinrichtung zum Speichern des Referenzspektrums der Anlage,  
und  
einer Datenverarbeitungseinrichtung zum Vergleichen des aufgenommenen  
Betriebs-Geräuschspektrums mit dem gespeicherten Referenzspektrum und zum  
Erfassen von Abweichungen zwischen dem Betriebs-Geräuschspektrum und dem  
Referenzspektrum,  
wobei die Windenergieanlage gegebenenfalls abgeschaltet wird, wenn die  
Abweichungen zwischen Betriebsspektrum und Referenzspektrum einen vorgegebenen  
Schwellwert überschreiten.